

# 磷化工生产节能减排的有效途径

杨嘉谟,胡 玲,程媛媛

(武汉工程大学磷资源开发利用教育部工程研究中心,湖北 武汉 430074)

**摘 要:**我国为磷化工生产的大国,且近年来磷化工实现了快速发展,但仍然存在许多制约行业发展的因素,例如资源浪费现象严重、利用率低;污染严重,环保问题突出;生产企业集中度差、成本高;生产工艺比较落后,能耗较高等。这些问题如果得不到解决,将会严重影响到行业的可持续发展。本论文基于我国磷化工生产的现状和发展瓶颈,从湖北兴发化工集团节能减排措施及成效调研出发,提出有效的磷化工生产节能减排措施,调研结果对我国磷化工行业节能减排和可持续发展有实际指导意义。

**关键词:**磷化工;节能;减排;兴发集团

**中图分类号:**F127;X511

**文献标识码:**A

## 1 我国磷化工产业现状及发展的制约因素

世界磷矿石总储量约457.8亿t,主要集中在摩洛哥、中国、美国、俄罗斯、南非等国。我国是世界上主要产磷国之一,磷矿资源总量接近50亿t,磷矿储量仅次于摩洛哥,居世界第2位。近年来,我国磷化工产业发展迅速。磷化工包括从磷矿石到磷肥、磷酸乃至各种含磷精细化工产品的整个产业链,在现代化学工业中占有相当重要的地位<sup>[1]</sup>。

我国虽然已经成为磷化工生产的大国,并且伴随着下游产品需求量的不断增长和消费领域的拓展,我国磷化工实现了快速发展,但仍然存在许多制约因素,严重阻碍了我国磷化工生产水平的进一步提高,主要体现在以下几个方面<sup>[2]</sup>:

**a. 资源浪费现象严重。**一方面,我国磷矿开采存在采富弃贫的现象,一些地方争先开采30%以上的富矿,而对低品位矿则是弃之不用,造成了我国磷矿资源浪费现象相当严重。另一方面,我国的磷矿石加工利用以初级产品为主,还有部分原矿出口,且出口价格较低。目前国内的磷矿石也多用于生产磷肥,用于生产精细磷化工产品的很少,产品附加值很低,资源优势未能很好地转化为经济优势。

**b. 污染严重,环保问题突出。**磷化工是高污染产业。如黄磷生产中,所生成的炉渣、磷铁、炉气、磷渣和污水,若不综合利用,都会成为废物而对环

境造成很大污染。另外,其他磷化工产品的生产当中,也不同程度地排放一些“三废”,目前大部分未得到合理回收利用,这样既浪费了资源,又污染了环境,也使得产品的生产成本上升,完全与循环经济的发展理念相悖。这些问题如果得不到解决,将会严重影响到行业的可持续发展。

**c. 能耗高、成本制约力明显。**近年来我国能源价格不断上涨,电力供应紧张,磷化工能耗高,例如国外黄磷电耗为12 500 kWh/t,而我国普遍为16 000 kWh/t。由于磷矿资源紧缺,导致黄磷生产成本上升,下游磷化工产品的生产成本也随之增高。此外,我国磷矿多集中在西南地区,这些地区以水电为主,上半年为丰水期,电力供给充裕;下半年为枯水期,电力供给紧张,由此也造成了磷矿石生产具有明显季节性特征。

**d. 产品精细化率低、竞争力不强。**我国磷化工产品不但品种、规格不多,甚至精细磷化工产品还需从国外进口。我国磷化工行业产品结构不够合理,低附加值的无机磷化工产品比例过大,高附加值的有机磷产品比例较小,很多企业的产品还仅停留在几种大宗传统产品上。

**e. 生产企业集中度差。**我国的磷酸盐生产多为中小企业,厂点分散,多数企业的市场竞争力不强,产品品种单一,精、深加工能力差,机械化和自动化程度低,与磷资源大国的地位很不相称,磷化工产业的整体水平亟待提高。企业分散致使原材料运输费用高,也给“三废”综合治理带来一定的困难。

## 2 磷化工生产主要节能减排措施

实际上,在磷化工生产节能减排方面尚存在巨大潜力,例如:

a. 进行“拆小改大”,淘汰落后的、能耗高的小黄磷电炉;

b. 采用三相七极等炉型以及数字化专家智能控制系统等技术、黄磷电炉智能化节电技术,对黄磷生产全方位实行计算机控制<sup>[3]</sup>;

c. 开发磷酸余热回收装置,利用磷酸生产的余热替代燃煤锅炉向生产装置供汽;

d. 分别采用吸收、吸附工艺及其组合工艺对黄磷尾气进行脱硫、净化,回收净化尾气含 CO 高达 90% 以上,是进行羧基合成生产甲酸、醋酸、碳酸二甲酯等产品最好的最廉价的原料<sup>[4]</sup>;

e. 黄磷炉渣是生产建筑材料的好原料,磷渣也可用于建材生产,也可生产硅肥,我国很多地区的土壤缺硅,硅肥对粮食作物、经济作物等有明显的增产效果,该产品有广阔的市场空间;

f. 利用磷酸生产的副产品磷石膏生产建筑材料、造纸填充料等,也可替代天然石膏在水泥工业中用作缓凝剂、矿化剂<sup>[5]</sup>;由于磷石膏中含有磷、

硫等植物需要的营养物,能促进植物生长,提高作物产量,还可作为盐碱土壤改进剂。以上仅为磷化工节能减排中的部分措施,从中可以看出只要有心,只要善于思考和研究,一定能够破解制约我国磷化工发展的种种难题,使其更上一个台阶。

## 3 湖北兴发化工集团主要节能减排措施及成效调研

在磷化工发展制约因素中,亟待解决的问题首先是节能减排,只有在有效地实现节能降耗、污染物综合治理和循环利用的前提下才可能实现规模化、集约化经营,也才能提高产品附加值,增加品种和规格,湖北兴发化工集团在此方面积累了丰富的经验并取得了显著成效。

该集团地处湖北省兴山县,是一家集移民搬迁型、资源加工型、外贸出口型于一体的大型磷化工企业,控股 1 家上市公司,总资产 48 亿元,员工 4 000 余人。笔者对湖北兴发化工集团进行了实地考察,对磷化工生产过程中的节能减排有效措施进行了翔实调研,结果如下。

湖北兴发化工集团节能措施及效果见表 1。

湖北兴发化工集团减排措施及效果见表 2。

表 1 湖北兴发化工集团节能措施及效果

Table 1 Energy-saving measure and effect in Hubei Xingfa Chemical Group

序号	项 目	节能措施	效 果
1	余热回收替代燃煤锅炉技术	建成了我国第一套高传热效应的热管余热汽包工业装置,利用六偏磷酸钠装置产生的尾气余热自产蒸汽。已在全集团推广使用了 12 套磷酸盐聚合尾气余热产汽装置	利用尾气余热每小时稳定产蒸汽 1.5 t, 所产蒸汽用于磷酸盐的生产;采取各种方法回收集团内部各类蒸汽 18 t/h, 相当于建成一台不烧煤不排尾气的 18 t 锅炉
2	热法磷酸装置热能利用技术	投资 1 000 万元与云南化工研究院合作开发热法磷酸装置热能利用合同,采用二步法磷酸工艺回收燃磷工序显热,对原一步热法磷酸装置进行改造	目前已完成 7 套共 25 万 t/y 磷酸装置的改造,每小时生产蒸汽 52 t, 下属白沙河厂区停开 2 台循环硫化床锅炉,刘草坡厂区完全停用燃煤锅炉。燃煤量由 2 万 t/月降至 6 t/月。仅此一项,每年减少燃煤消耗 16 万 t, 减少用水 2 926 万 t, 节约成本 3 000 多万元, 削减了燃煤产生的二氧化硫上千吨, 烟尘上百吨, 温室气体二氧化碳数十万吨
3	黄磷尾气能源梯级利用技术	对瓦斯气内燃发电机组进行改造,解决了耐腐问题,具备黄磷尾气发电条件,发电机组黄磷高温尾气采用热管汽包回收,用于黄磷和磷酸盐生产	年电能 200 万 kWh, 年节约成本 300 多万元
4	黄磷炉改造项目	率先自主设计建造了 7 500 吨大型黄磷炉,随后又对大型黄磷电炉进行工艺改进,实现了用国产普通电极替代进口电极的目标。	使黄磷每吨电耗下降 500 kWh, 黄磷月产量由 600 t 上升到 800 t 以上, 仅此一项每年增加效益 1 000 多万元
5	新型催化剂利用技术	在磷酸盐生产中采用 Si-Ba-Cs-P 复合氧化物新型催化剂	每年增加效益 300 多万元
6	污水处理和再利用技术	投资 6 000 多万元,对黄磷、五钠装置的污水处理系统和设备冷却水系统进行升级改造,原计划改造地下管网两万余米,兴建污水循环池 11 个、水冷却塔 4 个、建设规范化排污口 5 个。同时对各厂区的含磷地表水进行收集处理,对工业污水和冷却水实施封闭循环利用。	使废水排放由 67 t/a 削减到 2 t/a, 大大缓解了三峡库区水体生态环境压力。不仅基本实现了工业废水的重复使用和污水的零排放,而且每年可节水 800 多万 t, 年减少水资源费和排污费开支 400 多万元

表 2 湖北兴发化工集团减排措施及效果  
Table 2 Pollutant emission reduction measure and effect in Hubei Xingfa Chemical Group

序号	项目	污染物减排措施	效果
1	黄磷尾气综合利用	黄磷尾气经麻石水膜除尘器除尘后引入排气管回收生产煤气和用作五钠、六偏等产品的动力燃料,回收次磷酸钠尾气经氨制取磷酸,采用吸收、吸附工艺及其组合工艺对黄磷尾气进行脱硫,净化后进行脱基合成生产甲酸、醋酸、碳酸二甲酯等产品	尾气回收率达到 95% 以上,在有效减排一氧化碳、磷化氢等有毒有害气体以及五氧化二磷、氟化物等酸性气体的基础上,年增效益 3000 多万元
2	磷酸盐颗粒回收	在五钠包装岗位采用布袋除尘技术	不仅大大改善了工作环境,而且每年收集颗粒产品数百吨,从粉尘中捕回 50 多万元。
3	循环硫化床锅炉脱硫除尘技术	循环硫化床锅炉采用电除尘十湿法双碱法除尘脱碱工艺,锅炉烟气经电除尘器净化后,进入脱硫酸洗涤脱硫,烟气净化后通过烟囱排放	粉尘排放量下降 93%,SO <sub>2</sub> 排放量下降 80% 以上
4	副产磷渣综合利用	将黄磷生产时的副产磷渣烘干用来制水泥熟料;次磷酸钠残渣生产饲料级磷酸三钙;与华新集团合作,建成了利用磷渣生产水泥掺和料生产线;同力博尔公司合作利用磷渣生产微晶玻璃,压制免烧砖等建筑材料	不仅年增收 1500 多万元,而且一举解决了多年来的磷渣处理难题
5	黄磷炉渣和燃煤炉渣综合利用	将黄磷炉渣和燃煤炉渣出售作水泥原料	回收成本 150 多万元
6	磷泥综合利用技术	磷泥由厂回收,将其中的磷用于烧碱;开发使用磷泥生产次磷酸钠,用次磷酸钠的残渣和副产品磷化氢生产饲料钙、亚磷酸、亚磷酸酯增塑剂和磷阻燃剂等系列高新技术;在建成富磷泥烧制磷氧化法处理 1% 以上含量的黄磷泥烧碱装置,并采用磷泥烧碱的残渣生产柑桔专用肥	不仅年增效益 300 多万元,而且根除了多年来磷泥堆积的环境风险
7	磷酸盐废渣生产饲料技术	投资 1 500 万元建成利用次磷酸钠生产工序中产生的少量亚磷酸盐、次磷酸盐以及平质磷石灰废渣(1.2 万 t/a)生产饲料磷酸钙生产线	年减少次磷酸钠装置生产所排放磷废渣 3 500 t,年增效益 450 多万元
8	二甲基亚砷酸钠生产废盐利用技术	利用生产二甲基亚砷酸钠的过程副产废盐直接替代硝酸盐做磷酸盐增白剂	年减少五钠生产所需硝酸盐采购成本 200 多万元,同时有效解决了亚砷废渣处理难题
9	二甲基亚砷酸钠粗吸利用技术	投资 180 万元将二甲基亚砷酸钠生产过程中粗吸特制成高品质的二甲基砷	在年减排固废 860 t 的同时年增效益 300 多万元
10	污水处理和循环利用技术	将主要来自洗涤塔、洗气塔、精制槽、磷沉槽、电极水封和地面冲洗的污水经污水处理系统处理后实行封闭循环,重复利用;尾气洗涤过程中产生的洗涤水送入中和池处理后回用,不外排;装置区的地坪冲洗水收集池收集后循环使用	基本实现了工业废水的重复使用和污水的零排放,而且每年可节水 800 多万 t,年减少水资源费和排污费开支 100 多万元

4 结 语

几年来,湖北兴发化工集团累计投资 1.2 亿元,对废气、污水和废渣进行处理和循环利用,实现了达标排放。2005~2007 年成为国家清洁生产审核合格企业。目前,该集团黄磷尾气综合利用率已经超过了 95%,水的重复利用率超过 50%,固体废物综合利用率达 100%。

湖北兴发化工集团实施节能减排措施的经验表明,在努力加强资源的综合利用变废为宝获得环保效益的同时,并没有付出昂贵的代价,反而行业,其三废排放和能耗远高于其他行业,这些因素很大程度上制约了我国磷化工的快速发展。借鉴湖 a. 磷化工是典型的高能耗、高排放、高污染的行业,其三废排放和能耗远高于其他行业,这些因素很大程度上制约了我国磷化工的快速发展。借鉴湖

北兴发化工集团节能减排的实际经验,大力开展磷化工节能减排工作,则经济效益将相当可观。

b. 从湖北兴发化工集团的实践证明,开展节能减排,有效拉长了企业产品链条,可形成“自然资源→清洁生产→绿色消费→再生资源”的循环经济模式。

参考文献:

[1] 陈嘉甫. 中国磷化工生产现状及前景展望[J]. 无机

盐工业,2006,38(3):1-4.

[2] 寇丽华,陈嘉甫. 中国磷化工面临的困难、机遇和发展建议[J]. 无机盐工业,2007,39(9):1-4.

[3] 林友,黄德镛,叶加冕,等. 基于 BP 网络的磷炉工艺参数优化系统建模研究[J]. 2007,23(3):10-13.

[4] 华小西. 磷渣专利文摘[J]. 磷酸盐工业,2006(1):30-45

[5] 闫久智. 磷石膏制硫酸联产水泥工艺[J]. 磷肥与复肥,2004,19(3):53-55.

## Effective way of energy-saving and pollutant emission reduction in phosphorus chemical industry

YANG Jia-mo, HU Ling, CHEN Yuan-yuan

(Engineering Research Center of Phosphorus Resource Exploitation, Ministry of Education, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** There are many important factors of restricting development for phosphorus chemical industry in our country, such as resources waste and serious environment pollution, production cost and high energy consumption. This paper proposed effective ways of energy saving and pollutant emission reduction, through the investigation of energy-saving and pollutant emission reduction for Hubei Xingfa Chemical Group. Research results has a practical guide for sustainable development of phosphorus chemical industry in our country.

**Key words:** phosphorus chemical industry; energy saving; pollutant emission reduction; Xingfa Chemical Group

本文编辑:萧宁



(上接第 50 页)

## Synthesis of MES and evaluation of its flotation properties to phosphate ores

ZHOU Xian<sup>1</sup>, WANG Huan<sup>1,2</sup>, PENG Guang-ju<sup>3</sup>, ZHANG Ze-qiang<sup>1</sup>, CI Ru-an<sup>1</sup>

(1. Engineering Research Center of Phosphorus Resource Exploitation, Ministry of Education, Wuhan 430074, China;

2. Yunnan Chemical Research Institute, Kunming 650228;

3. Guilin Research Institute Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, China)

**Abstract:** MES was prepared by esterification, sulfonation and neutralization using oleic acid as raw material. The effect of the factors such as the dosage of Collector, depressing agent and conditioning agent on the flotation ability of MES were studied. The results showed that the MES as a flotation collector of phosphate ores had nearly the same flotation ability as the sodium oleate. The difference was that the selectivity and the anti-hard water ability of MES were better. So the dosage of sodium silicate and sodium carbonate could be reduced in the flotation. But the collecting power of MES was worse and the dosage of it was more, which led to increase of flotation foam and was harmful to the flotation of phosphate ores.

**Key words:** MES; synthesis; collector; phosphate ores flotation

本文编辑:萧宁